

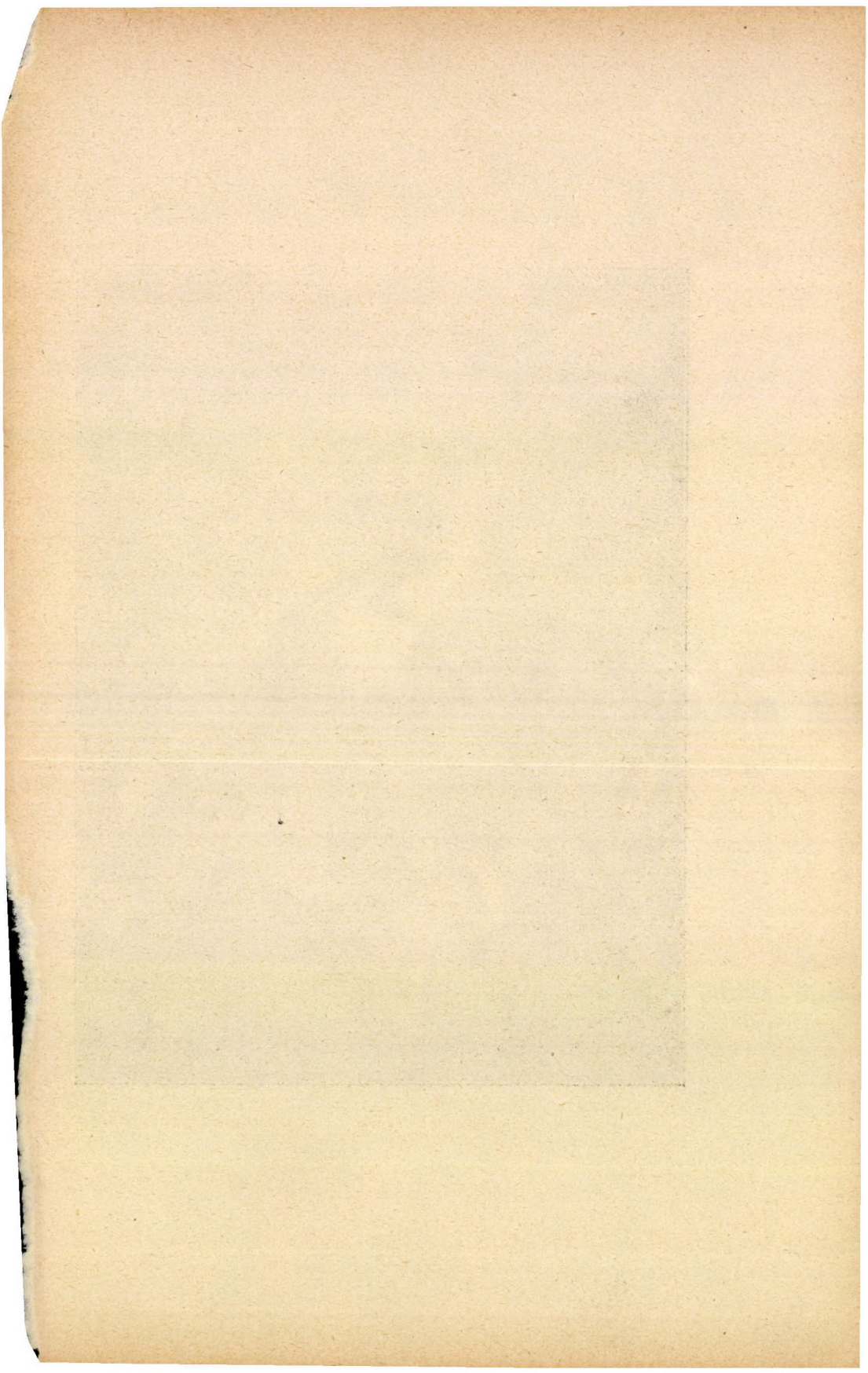
A
BERTHELOT MARCELIN

K. T. SZÜLETÉSÉNEK SZÁZADIK ÉV-
FORDULÓJA ALKALMÁBÓL

A M. TUD. AKADÉMIÁBAN TARTOTT
ELNÖKI MEGNYITÓ BESZÉD
ÉS ÜNNEPI ELŐADÁSOK

BUDAPEST
1929

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KIADÁSA





A
BERTHELOT MARCELIN

K. T. SZÜLETÉSÉNEK SZÁZADIK ÉV-
FORDULÓJA ALKALMÁBÓL

A M. TUD. AKADÉMIÁBAN TARTOTT
ELNÖKI MEGNYITÓ BESZÉD
ÉS ÜNNEPI ELŐADÁSOK

BUDAPEST
1929

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KIADÁSA

BERZEVICZY ALBERT

ig. és t. t. elnök úr

megnyitó beszéde.

A francia nemzet mult hó 25-én ünnepelte lelkesedéssel s a mi szerény részvételünkkel is nagy fiának, Marcelin Berthelotnak századik születési évfordulóját. Az ünneplésnek itt, Akadémiánkban is visszhangot kívántunk adni, mert hiszen a megdicsőült tudós az egész világ tudományos életének messze kimagasló alakja volt s Akadémiánk őt 1882-iki nagygyűlése alkalmával küllagjai sorába iktatta.

Hálásak vagyunk a francia köztársaság itteni követ-ségének, hogy meghívásunknak megfelelően, mai ünnepi jellegű ülésünket megjelenésével megtisztelte s így tanú-jává lett a kegyeletnek, mellyel Franciaország nagy szü-löttjének emlékét mi is megünnepeljük. Nem először tör-ténik ez ; négy évvel elhunytá után, 1911-ben, tartott róla emlékbeszédet összes ülésünkön ugyancsak mai előadónk, elnöktársam, Ilosvay Lajos, Berthelot egykori tanítványa.

A századik évforduló alkalmából való megemléke-zésnek egyetemes, mondhatni világgraszoló jellege egészen érthető és természetes, mert egyetemes értékűek és való-ban világgraszolók az érdemek és eredmények is, melyek az elhunyt tudósnak majdnem nyolcvan évre nyult s az utolsó percig munkás életéhez fűződnek.

Joggal nevezte el őt nemzete a chemia királyának : királyként uralkodott e tudományszak szinte beláthatatlan területén s vezette azt új meg új, merészebbnél meré-szebb célok és eredmények felé. Bámulatot keltő mun-

kássága kiterjedt a chemiának majdnem összes problémáira, felölelve — még pedig nagy mértékben — annak történelmét is és korszakos eredményeket ért el különösen a szerves chemia határának kitolásában, az elektromosságnak, a hőmérésnek a vegytan szolgálatába való állításában, a biológiai és a földművelési chemia terén.

Azonban munkásságának jelentőségét talán főképp két mozzanatban kereshetjük. Az egyik az, hogy a szerves anyagok vegyi úton való előállításában, synthesisében elért vívmányai úgyszólván teljesen megdöntötték azt a hitet, mintha a szerves anyagok előállításában az élet-erő valami titkos és pótolhatatlan hatást gyakorolna. A másik az, hogy a chemia alkotó tevékenységének a gyakorlati élet céljai szempontjából új meg új utakat nyitott. Az ő vegyészi működése igazán alkotó tevékenység volt, mely tudományának gyakorlati jelentőségét, hasznát óriási módon emelte. Nemcsak az ipari gyártást vitték előbbre találmányai, módszerei, a mezőgazdaságban is, különösen a nitrogénfogyasztásnak és pótlásnak, a villamosság behatásának problémái körül tett úttörő felfedezései kiszámíthatatlan jelentőséggel bírnak.

Hogy az emberi sors, belenyulva az ember életébe, gyakran a tudományos vizsgálódásnak és munkának is új irányokat ad, azt tapasztaljuk Berthelot életében és pályáján is. Az 1870-iki francia-német háború idejében, a főváros ostroma alatt az elhunyt tudós szülővárosában, Párizsban tartózkodván, mint már akkor hírneves vegyész, megbízást kapott a védelmi munka tudományos részének vezetésére. S ez vitte rá, hogy a robbanó anyagok hatásával, fejlesztésével és tökéletesítésével behatóan foglalkozzék s tanulmányaival egyebek között alkalmat és módot szolgáltatasson a füsttelen lőpor fölfedezésére is.

Berthelot, a nagy tudós, jó hazafi is volt és nemes gondolkodású ember. Mindenekfölött tudományának élt és fennkölt idealizmussal hitt a tudomány megváltó hatalmában, lemondva mindig arról, hogy tudományából valaha anyagi hasznot merítsen. Mikor pedig hazája tőle a közélet terén is áldozatokat követelt, meghozta azokat is. Soká volt a senatus tevékeny tagja és ismételve minisz-

ter is s a közoktatásügy terén nemcsak rövid minisztersége alatt, hanem az oktatást irányító testületek vezetésében elfoglalt állásaiban is üdvös alkotásokat segített létrehozni.

Hogy pedig lángelméje mélyen érző szívvel is párosult, annak valóban tragikus bizonyítékát adta akkor, mikor hű és méltó élettársának, nejének kimúltát túlélni nem tudva, vele együtt dőlt sirba.

Marcelin Berthelot emlékét a Magyar Tudományos Akadémia csodálattal és kegyelettel őrizte eddig is és fogja őrizni mindig.

Fête commémorative en l' honneur de Marcelin Berthelot.

Discours d'ouverture de M. ALBERT de BERZEVICZY, membre directeur et honoraire, président, à la séance solennelle de l' Académie hongroise, tenue le 28 novembre 1927.

La nation française a fêté le 25 octobre avec enthousiasme, et avec notre modeste participation aussi, le centenaire de la naissance de son illustre savant, Marcelin Berthelot. Nous tenons à ce que les fêtes du centenaire aient leur écho dans cette enceinte aussi, parce que le savant incomparable dont nous faisons revivre le souvenir a été une gloire de la science mondiale et parce que notre Académie l'a élu membre externe dans son assemblée de 1882.

Nous sommes reconnaissants à l'honorable Légation de la République Française que, répondant à l'invitation, elle honore par la présence de ses représentants notre séance solennelle et devient témoins de la piété laquelle nous vouons à la mémoire du grand chimiste français. Ce n'est pas la première fois que nous le faisons ; quatre ans après sa mort, en 1911, son éloge fut prononcé ici en réunion plénière par l'orateur d'aujourd'hui, mon collègue à la présidence, M. Louis Ilosvay, lui-même élève de Berthelot.

Si ce centenaire se fait universellement et on peut dire partout dans le monde, il n'y a là rien d'étonnant parce que les mérites et les résultats acquis par le savant défunt dans sa carrière laborieuse, longue de presque 80 ans, ont une valeur universelle et intéressent le monde entier.

On l'a appelé dans son pays avec raison le roi de la chimie ; il régnait en roi sur le terrain immense de la chimie et avançait sans arrêt vers des conquêtes nouvelles et des buts hardis. Son activité étonnante le portait à approfondir presque tous les problèmes de la chimie et en embrassait même l'histoire ; il élargissait dans des proportions gigantesques le domaine de la chimie organique, ouvrit une ère nouvelle en mettant l'électricité et la calorimétrie au service de la chimie et fit des découvertes grandioses en chimie biologique et agricole.

L'importance de ses travaux se mesure le plus clairement peut-être sur deux points. Le premier, c'est que la synthèse chimique des matières organiques détruisit définitivement la croyance qui attribuait à la force vitale quelque rôle secret et essentiel dans la formation des matières organiques. Le second, c'est qu'il a ouvert un vaste champ à l'activité créatrice de la chimie au service de la vie pratique. Sa carrière de chimiste édifiait, en effet une oeuvre créatrice, rehaussant dans une mesure insoupçonnée l'utilité et la portée pratique de la chimie. Mais l'industrie n'est pas seule redevable de multiples progrès à ses inventions et à ses méthodes. Ses belles découvertes intéressant l'agriculture et notamment celles qui concernent la consommation et la régénération de l'azot ont également une portée incalculable.

Que le sort qui agit sur la vie humaine impose souvent des directions nouvelles même aux recherches scientifiques, c'est ce que montrent la vie et la carrière de Berthelot. Lors de la guerre franco-allemande de 1870, pendant le siège de sa ville natale, Paris, Berthelot, déjà jouissant d'une grande réputation, fut chargé de diriger la partie scientifique des travaux de défense. Cela le conduisit à étudier l'effet, l'amélioration et le perfectionne-

ment des explosifs et a donné occasion à la découverte de la poudre sans fumée.

Le grand savant Berthelot était aussi bon patriote et généreux dans ses sentiments. Il consacra ses forces avant tout à la science et crut, avec l'idéalisme des âmes nobles, au pouvoir rédempteur de la science, en se refusant toujours à tirer un bénéfice matériel quelconque des fruits de son labeur scientifique. Et lorsque la patrie lui demanda d'assumer des fonctions publiques, il consentit à faire ce sacrifice. Il était pendant longtemps un membre actif du Sénat, plusieurs fois ministre et s'efforçait de créer des institutions durables dans le domaine de l'instruction non seulement lors de son court passage au ministère, mais aussi comme personnalité dirigeante dans les conseils et commissions d'enseignement.

Le génie s'unissait en lui au coeur le plus tendre. Il en donna la preuve tragique lorsque, ne pouvant survivre à son épouse, sa compagne digne et dévouée, il la suivit dans la tombe à quelques heures d'intervalle.

L'Académie hongroise des Sciences a gardé et gardera toujours avec admiration et piété le souvenir de Marcelin Berthelot.

Berthelot Marcelin.

ILOSVAY LAJOS ig. és r. t. ünnepi előadása:

Párizsban f. é. okt. 23-tól 26-ig ünnepelték *Berthelot Marcelin* születése századik évfordulóját. Az ünnepséget a tudományok, főleg a *Chemia* vezéregyéniségei rendezték a francia kormány és Párizs városa kitűnőségeinek hathatós támogatásával. Híres tudósokból szervezett bizottság végezte az előkészítés munkáját és a legkiválóbbak keltek versenyre, hogy *Berthelot*-t minél hivebben idézzék a ma élők emlékezetébe. De nemcsak *Berthelot*nak, hanem Franciaország minden tudósának legnagyobb megbecsülése, hogy *Raymond Poincaré* a Francia Köztársaság volt elnöke, ma miniszterelnöke és *Aristide Briand* külügyminister is részt vett abban a feladatban, hogy a jelenkor, mesterileg megfestett képben láthassa *Berthelot*-t, Franciaországnak a XIX. században legnagyobb chemikusát és mélyen gondolkozóját. A nagyszerűen megírt méltatásoknak legtöbbje már 1926 őszétől kezdve eljutott a Föld minden olyan országába, amelyben a szellemi munka értéket képvisel és erős mozgalom indult meg, hogy *Berthelot* nevét ne csak ünnepi hangulattal elmondott szónoklatokban emlegessék, hanem magas, tudományos feladatok megoldására létesített intézmény örökítse meg.

*Pasteur*t kivéve, Franciaországnak nem volt tudósa, aki olyan hódoló tiszteletben részesült volna mint *Berthelot*. *Pasteur* világgraszoló érdemei alkalmul szolgáltak reá, hogy még életében olyan tudományos intézet hirdesse szellemének kivételes nagyságát, amely működésének eredményeivel hálára kötelezheti az emberiséget; de

Berthelot neve csak elhunytá után 20 évvel, a múlt hónapban lezajlott ünnepségekkel kapcsolatban kerül egy olyan intézet homlokára, amely otthona lesz az általa művelt tudománynak: a *Chemiának* és a melyben a napfényre kerülő fölfedezések hasznára fognak válni a nagy chemiai ipari vállalatoknak is, melyeknek előrehaladása, a chemiai ismeretek fejlődése nélkül, lehetetlen.

*

Azon nem ütközhetünk meg, hogy *Pasteur* neve ismertebb mint a *Bertheloté*. *Pasteur* világhírét főképpen a fertőző betegségek elméletére és a védőoltások fölfedezésére vonatkozó tanulmányai állapították meg. Kutató munkásságának már ezeket megelőző eredményei is tiszteletet biztosítottak volna nevének: de igazi népszerűsége akkor kezdődött, amikor nagy nemzetgazdasági értékek megmentőjeként ünnepelhették.

Berthelot szelleme nem volt kisebb mint *Pasteuré*; de több oldalúságának ellenére, őt Franciaország határán kívül, csak a tudósok körében ismerték.

Közös jellemvonásuk: lankadatlan törekvés a természet rejtett titkainak földerítésére, új igazságok fölismerésére, a tudománynak az emberiség szolgálatába állítására azért, hogy mindenki, minél könnyebben reátaláljon boldogulásának útjára.

Mindketten annak a tudománynak voltak Istentől kiválasztott művelői, amelynek alapját a szintén lángeszű, de szerencsétlen *Lavoisier* rakta le: azonban *Pasteur*, mikor a chemia terén már babérokat aratott, miként később kitűnt, az emberiség eléggé meg nem becsülhető javára, munkakört változtatott, míg *Berthelot*, többfelé elágazó munkásságának ellenére, a chemiához hű maradt szíve utolsó dobbanásáig.

Termékenységüket megmagyarázza mindkettőjük lázas ihlettsége, a dolgok mélyére látása, eszmegazdasága és szerencsés kezük a kísérletezés végrehajtásában; ámde alkotásaik egymástól annyira különböznek, a maguk nemében annyira különlegesek és bámulatba ejtők, hogy nagyságukat sértené annak a kérdésnek még csak fölvetése is: vajjon kettőjük közül ki volt nagyobb?

A maga tudományszakjában páratlan volt mindegyik; mint ember talán boldogabb volt *Pasteur*, mert hinni is tudott: de a megpróbáltatásokat, kivéve szeretett neje halálát, — könnyen elviselte *Berthelot* is, mert az életet mindig magas, bölcsészeti nézőpontból szemlélte. Ez pedig olyan előny, ami kevés tudósnak s még kevesebb hatandónak osztályrésze.

Sokan rossz néven vették *Berthelot*-tól, hogy a szabad gondolkozás híve. A neheztelőknek nem volt igazságuk. Ő annyira tisztelte mindenki gondolkozásának szabadságát, hogy hitében soha senkit sem botránkoztatott meg.

Renan, aki haláláig, évtizedeken át, *Berthelot*nak legbensőbb barátja volt, e néhány szóban foglalja össze *Berthelot* nézetét vallásos érzéséről: „Isten igaz imádása a természet megismerése és szeretete.”¹

*

Berthelot lelki tevékenységét a chemián kívül különböző olvasmányok, különösen a filozófia, a történelem, a nyelvészet, a művészet és a zene között osztotta meg. — 1870-től kezdve fokozottabb mértékben érdeklődött községi és állami ügyek iránt is. Éles, a finom részletekre is kiterjedő megfigyelő — és óriási emlékezőtehetsége úgyszólván kényszerítették reá, hogy maga körül semmit se hagyjon észrevétlenül. A teljes egyoldalúság ellenkezett volna azzal a felfogásával, hogy a tudóst, ki életét az igazság keresésének szenteli, senki sem mentheti fel attól a kötelezettségtől, hogy törekednie kell hazájának életnyilvánulásait minden vonatkozásban megismerni. Rajongásig fokozódik benne Franciaországnak és az igazságnak szeretete. Hazájáért és az igazságért él és dolgozik. Igazságokon épül fel a tudomány, mely szerinte is hatalom, de egyúttal mértéke a tökéletesedés felé haladásnak. Abban az országban, amelyben virágoznak a tudományok, — véleménye szerint — jólét, erkölcs uralkodik s emberszeretet hatja át a szíveket.

¹ *Aristide Briand*. Un bel exemple d'activité intellectuelle. p. 2. Extrait de *Chimie et Industrie*. Mars, 1927.

Az 1870-iki hadjárat alkalmával a német haderő ostrom alá fogta Párizst és a vidéktől elzárta. *Berthelot* tevékeny részt vett Párizs védelmében. Elnöke volt annak a bizottságnak, amelynek feladata volt a vidékkel összeköttetést találni és védelmi eszközökről gondoskodni. Ebben a működési körben sem szüntette be a kutatását és eszméi támadtak új irányú tudományos vizsgálatokra, melyek mind az elmélet, mind a gyakorlat érdekeit szolgálták, de elűdítették azt is, hogy a béke helyreállása után érdeklődése körében nagyobb helyet foglalt el a politika is, — *Berthelot* kora ifjúságától fogva erős köztársasági érzelmeket vallott. Párizs védelmében kifejtett tevékenységével csak gyarapította érdemeit arra, hogy a senatus örökös tagjává válasszák. A kormány a közoktatásügy főfelügyelőségével bízta meg. E megbízásokat hiven teljesítette is, de mintha csak azért tette volna, hogy időt találjon a kutató-munka okozta fáradalmaknak kipihenésére. Mert gondolatai mindig visszatértek a laboratóriumban félben hagzott munkára és a senatusnak legizgalmasabb ülésében is vett magának annyi időt, hogy az eszébe jutott feladatokat összeírja.

Különben a politikus pálya is termett számára bábérok. 1886 dec. 11-től 1887 május 30-ig közoktatásügyi miniszter, 1895 november 1-től 1896 március 28-ig külügyminiszter volt.

*

Berthelot a „Collège Henri IV.” növendéke volt. Az ifjúságáról közölt adatok szerint, különösen a történelemben és a bölcsészetben tűnt ki. A tudományos pályán elért fényes sikerei bizonyítják, hogy a matematikában, a fizikában, a chemiában akadálytalanul haladhatott, ámbár előtanulmányait gimnáziumban végezte. Ma, mikor a középiskolanemek előnyeiről még mindig vitatkoznak, érdemes tudni, hogy ez a nagy természettudós a klasszikus nyelvekkel és irodalommal foglalkozó iskoláknak mindig barátja volt. Talán azért, mert a latin és görög nyelvben való jártassága tetemesen megkönnyítette neki a szanszkritnyelv tanulását, valamint azt hogy az ó- és középkori chemiai írók műveit eredetiben olvashassa. A még fel

nem dolgozott forrásmunkák tüzetes tanulmánya tette lehetővé, hogy az alchimisták működését kedvezőbb színben mutassa be, mint amilyenben elődei hagyták reánk.

Berthelot, mint a „*Collège Henri IV.*” növendéke ismerkedett meg *Renannal* s neki köszönheti első ismereteit a szanszkritból. Valószínűleg a vele kötött barátságnak is nagy része van abban, hogy négy, örökbecsű munkával ajándékozta meg a kémiai irodalmat. Ezek fényt derítenek az alchimia kezdetére, megismertetik a régi görög alchimisták működését, bevezetnek a régi görög és római, valamint a középkor kémiai tanulmányába s végre a középkori kémia első kötetében, az Ó-kori tudomány terjedését, másodikában a syriaiak harmadikban az arabok alchimiáját írta meg. Ez a 8 kötetre terjedő 4 mű pótolhatatlan forrásmunka azoknak, akik a kémia fejlődéstörténetével kívánnak foglalkozni.

*

Berthelot 1851-ben közölte első tudományos értekezését és 1907-ben az utolsót.

E félszázadnál hosszabb idő alatt a kémiának csaknem minden részét, eseményszámba menő felfedezésekkel gazdagította. Nem kereste a járt utakat. Attól is óvakodott, hogy maga-magát utánozza. Akkor, amikor alkalma nyílt önálló munka végzésére, a szerves kémia rohamos fejlődésnek indult. Első feladata belekapcsolódott *Chevreulnek* a zsirokra vonatkozó tanulmányaiba. Célul tűzte ki a zsirok mesterséges előállítását s 1854-ben feladatának megoldásával elkészült. E sikere után természetesnek látszott, hogy kutatásra hajló lelke a szerves kémia területén fog keresni kielégülést. Vezérlő gondolata az volt, hogy ha a szerves vegyületek ugyazon törvények szerint keletkeznek mint a szervetlenek : akkor előállításuk független az életerőtől (vis vitalistól) s azok az elemi testekből, vagy hozzájuk hasonló viselkedésű összetett alkotórészekből is, synthesis útján előállíthatók. Alig néhány év múlva már teljes meggyőződéssel hirdette, hogy mind a szervetlen, mind a szerves vegyületek egységes törvényeknek engedelmeskednek, minélfogva a rejtélyes életerő tekintetbe vétele, teljesen mellőzhető. Kísérleteken alapuló

kijelentéseiben már csak azok kételkedtek, akik az élet-erőbe vetett hitről lemondani resteltek. De amikor a szerves vegyületek *synthesise* egyre bámulatosabb eredményekkel lepte meg a világot, amikor ellenőrizhették, hogy hogyan termelhető hangyasav hangyák nélkül, előállítható aethylalkohol erjesztés nélkül, és a szerves vegyületek alapanyagai a szénhidrogének, előállíthatók, közvetlenül szénből és hidrogénből: akkor megszűnt a kétkedés s minden törekvés arra irányult, hogy az ember szeme elől letakart titkok, minél előbb leleplezhetők legyenek. A szerves vegyületek keletkezésének külső feltételeit megállapítani nem mindég könnyű. *Berthelot* bámulatos éleslátással, gyorsan megtalálta a közeget, valamint azt is, hogy milyen energianemet állíthat legtöbb sikerrel, céljainak szolgálatába.

*

Chemiai hatások alkalmával keletkező hőmennyiségeket már *Berthelot* előtt is mértek: de azt, hogy a thermochemia a chemiának öncélú részévé fejlődött, az ő kitartó munkásságának köszönhető. Ő állapította meg azokat az elveket, amelyek szerint a thermochemia feladatait megoldhatja. A három közül egy: „a legnagyobb munka elve” erős bírálatban reszesült. Bebizonyosodott, hogy általános érvényűnek nem tekinthető s legfeljebb azt mondhatjuk, hogy azok a reakciók, amelyek hőtermelők, inkább végbemennek, mint a hőfogyasztók, *van't Hoff* szerint azonban a legnagyobb munka elvének helyességét támogatná, ha reakciók, az abszolút zerus fokon is, végezhetők volnának.

Berthelot meglepően egyszerű kalorimétereket szerkesztett. Lehet, hogy kevésbé pontosak mint a Bunsen-féle jégkaloriméter: de a velők való dolgozás könnyebb, mert nem törekenyek és tömeges meghatározásokra alkalmasabbak. Ő, tanítványai és követői határozták meg azoknak az adatoknak legtöbbjét, amelyekkel a vegyészek, élettani buvárok és technikusok számításaiiban találkozunk. Remélték, hogy a vegyületek keletkezésőhőjéből megbízhatóan következtetni lehet az elemek energia nagyságára, egyes reakciók lefolyására: de a reménységek

nem teljesedtek be. Legfeljebb azzal dicsekedhetünk, hogy fogalmaink a kémiai energiától függő jelenségekről ma tisztábbak, mint voltak a thermochemiai kutatások megkezdése előtt.

Berthelot a thermochemia körébe tartozó kutatásainak eredményeit „*Leçons sur la thermochimie*” címmel 1865-ben és 1880-ban adta ki. Nagyobb művei: *Essai de Mécanique chimique, fondé sur la Thermochimie* 1879-től 1887-ig jelent meg két testes kötetben; ezt követték: *Thermochimie : Donnée et lois numériques* két kötet, 1897, „*Traité pratique de Calorimétrie chimique*” 1893, és „*Calorimétrie chimique*” 1905.

*

Berthelot a physico-kémiai iránynak követője nem volt: de vannak dolgozatai, amelyek lökést adtak a kémiai egyensúllyal foglalkozó tanulmányok megindításának. *Péan de St. Gilles*-el végzett „*Recherches sur les affinité et de la formation et de la décomposition des éthers*” címmel már 1862, 1863 és 1877-ben közölt tanulmánya olyan, hogy egyrésztől meglepő példája a megfordítható reakciónak, másrésztől figyelmet kelt a tömeghatás törvényére vezető vizsgálatokra. A tömeghatás törvényét 1864-ben *Guldberg* és *Waage* ismertette meg. *Berthelot* abban a közleményében, amelyben az éther keletkezés elméletét is magyarázza, kimondja, hogy a keletkezett éther tömege minden pillanatban arányos az elegyben levő ható tömegek mennyiségével.

Ide sorolható az a vizsgálata is, amelyet *Jungfleisch*-sal végzett 1869-től 1872-ig és „*Sur les lois qui président en partage d'un corps entre deux dissolvants*” címmel közölt. Megállapították, hogy a két oldószerben feloldott anyag töménységének viszonya állandó.

*

1870-ben, Párizs védelmének ideje alatt foglalkoznia kellett a robbanó anyagokkal. Később, mint a robbanó anyagok vizsgálatára szervezett bizottság elnöke, *Sarrau Vielle* és *Le Chatelier* támogatásával folytatta vizsgálatait, melyeket elméleti és gyakorlati tekintetben értékes eredményekkel fejezett be. Elméleti tekintetben fontos, hogy

ő ismerte fel az explosiohullámokat jellemző sajátságokat. Az explosiohullám, mellyel a robbanó gázelegy robbanása tovaterjed, minden gázelegyre jellemző és állandó, a nyomástól, a cső átmérőjétől és anyagától független. Az explosiohullám sebessége egyenlő az égéstermékek molekuláinak középmozgássebességével, mely a robbanás pillanatában függ a gázelegy égéshőmérsékletétől. A robbanó gázelegyekre megállapított törvényt kiterjesztette a szilárd és a folyós halmazállapotú robbanó anyagokra is. E tanulmányok közben nemcsak egy új tudományágat teremtett meg, hanem ösztönzést adott arra, hogy *Sarrau* fölfedezze az azóta híressé vált füsttelen puskaport.

A bizottságtól megállapított becses anyagot, „*Sur les matièrres explosives d'après la Thermochimie*” című 2 kötetes munkájában adta ki, 1883-ban, melyben leírta a vizsgálati módszereket és a kísérleteikhez használt készülékeket is.

Berthelot a világbékének volt apostola és az emberiség boldogulása eszközéül a békés munkát hirdette: de nem csökkenő becsvággyal dolgozott a robbanószerek javításán. Én megértettem őt. Mert melyik legyőzött nemzetnek alkotásra hivatott, hű fia nem gondol arra, hogy hazája felkészültségének a jövő háborúra különbnek kell lenni, mint amilyen az ellenségé.

A biológiai chemia terén is tiszteletet biztosított nevének. 1864-ben *Pasteurrel* ellentétben vitatta, hogy alkoholos erjedés életműködés nélkül is lehetséges. 32 év múlva *Buchner* megtalálta a döntő bizonyítékokat.

A múlt század hatvanas éveiben kezdett foglalkozni az állati hő okaival és több kaloriméteres mérést végzett különféle állati szervezetből származó vegyület égés, valamint keletkezés-hőjének meghatározása végett. E vizsgálatai közben ismerte fel, hogy az állati hőt nem csupán lassú égés termeli, hanem kb. $\frac{1}{9}$ -ed részében erjedés és hidratációs folyamat is.

Az állati hőről két kötetes munkát írt, melynek címe: „*Chimie animale. Principes chimiques de la production de la chaleur chez les êtres vivants*”.

*

A földművelési chemiát is rendkívül értékes adatokkal ajándékozta meg. E tudomány körbe sorozható kutatásait már 1870-ben megkezdette, de eredményesebb munkásságot csak a Bellevue-meudoni kísérleti telep létesítése után fejthetett ki. Előbb főként a következő kérdésekre keresett feleletet: A növényzet és a talaj miként fedezi nagy nitrogén szükségletét? Annak a nitrogénnek pótlásában, melyet a növényzet elvon a talajból, van-e valami szerepe a levegőköri elektromosságnak? Majd azok a kísérletek foglalkoztatták, amelyek a talaj víztelepítésére és a növényeknek nagyban való termelésére vonatkoztak.

1887-ben közölte, hogy a talaj nitrifikáló baktériumok közvetítésével rögzíti meg a nitrogént. Nyomozta a talajban levő nitrogéntartalmú vegyületek természetét. — 1891 óta kutatta, hogy az ásványos részeknek miféle rendeltetése van a növények életében? Vesznek-e fel a növények oxigént szöveteiken át? S vizsgálta, hogy az elektromosság miként hat a növények fejlődésére s fokozza-e a termelést?

A talált eredményekről sok értekezésben és a következő művekben számolt be: 1. Station de Chimie végétale de Mentone. 1883—1899. 2. Chimie végétale et agricole. 4 kötet.

*

Berthelot a chemia legrégibb ágában, a szervetlen chemiában, bár értékes fölfedezéseivel elévülhetetlen érdemeket szerzett, de új munkaterületeket nem tűzött ki. Nem tulzok ha azt mondom, hogy amikor mások leleményessége kimerült, szintérre lépett ő, bebizonyítására annak, hogy sokszor nem a feladat nagy, hanem az emberek kicsinyek megoldásukra.

Értekezéseinek seregéből csak szemelvényekre szorítkozom. Eljárást dolgozott ki a salétromsav- és a perszénsavanhydrid, a fémek hidrogénszármazékainak előállítására, az ammonia synthesisére. Fölfedezte a kénheptoxidot, a nitrogénhexoxidot; fölismerte, hogy egyes sók, savak és bázisok vízben oldva, hidratokat létesítenek. Tanulmányozta a kettőssókat és Mond meg Quincke

után, egyes fémek vegyületét szénoxiddal. Kimutatta, hogy a vegyületalkotásra alkalmatlannak minősített argon, szén-diszulfiddal vegyül, de vízzel összetevő részeire bomlik; vizsgálta a helium fizikai sajátságait, a rádium-sugárzás hatását kvarcra, melyet amethystté változtat. Általában alig van elemi test, vagy szervesetlen vegyület, amely *Berthelot* valamely vizsgálatának tárgya ne lett volna. S minthogy nagyon sokszor dolgozott gázokkal, a velők foglalkozás közben szerzett tapasztalásait, 1906-ban, „*Traité pratique de l'Analyse des gazes*” című munkájában összefoglalta s így hagyta reá az utókorra.

Berthelot élénk érdeklődést tanusított az őskori leletek, mint fegyverek, ötvözetek, edények, dísz tárgyak stb. kémiai vizsgálata iránt. Ezek az adatai legérthetőbben beszélnek a kémiai ismeretek állapotáról az őskorban. 1906-ban „*Archéologie et histoire des Sciences*” című munkájában közölte őskori tanulmányait, melyek ma is egyedüliek a kémia irodalmában.

*

A kémia újkori történelmének eléggé meg nem köszönhető szolgálatot tett *Berthelot* az által, hogy Franciaországnak, a XIX században kitűnt vegyészeti valamint más tudósok életrajzát és működését megírta. — Az ő széles látóköre, tökéletes tárgyismerete, csanem 60 évre terjedő személyes megfigyelése, fennkölt gondolkozással párosult igazságszeretete kezeskednek megemlékezéseinek tárgyilagosságáról. Úgy ítélem, hogy *Dumas*ról, *Chevreul*ról, *Cl. Bernard*ről *St. Claire-Deville*ről, *Balard*ról, *Regnaultról*, *Wurtz*ről, *Daubrée*ről közölt megemlékezései nemcsak kegyelettel és szépen megírt dicsőítő beszédek, hanem tanulságos adalékok annak megismeréséhez, hogy Franciaországban a XIX században kik és milyen irányban fejlesztették a kémiát valamint a rokontudományokat és a közművelődés ügyét miként szolgálták.

*

Nagy volt *Berthelot* mint racionalista bölcselő is 1886-ban „*Science et Philosophie*,” 1887-ben „*Science et Morale*”. 1901-ben, „*Science et Éducation*” és 1906-ban „*Science et Libre pensée*” című kötetekben ismertette meg

bölcsészeti hitvallását. A tudomány mindenhatóságában talán még csak *Renan* hitt olyan lelkesedéssel mint *Berthelot*. A tudománytól várja annak az időnek bekövetkezését, melyben a munka szent törvénye előtt egyenlő és testvér lesz mindenki. Tántoríthatatlanul hiszi, hogy a tudomány az embereket szerényekké, türelmesekké teszi és megerősíti az akaratot, mely minden férfias nevelés alapja. A tudományok között legtöbbet vár a chemiától. Mivel a chemia, mely az életerőről szóló hittételt megdöntötte, mely syntheziseivel bebizonyította, hogy teremteni tud, hívatott reá, hogy az emberi nem fejlődése érdekében a legnagyobb feladatokat megoldja.

*

Berthelot csodálatra méltó termékenységet csak fokozta, hogy eszméinek végrehajtása nem ütközött akadályokba. Ámbár Franciaországban ritkaság, hogy alkotó erők, tétlenségre legyenek kárhóztatva mégis előfordul, hogy a kutató munka fennakad. *Berthelot* mint a közoktatásügyek főfelügyelője többször megszólalt az elhanyagolt főiskolai felszerelések miatt. Mindég kedvetlenül említette, hogy míg Németország, Svájc felsőoktatásügye szemmeláthatólag halad előre s minden egyeteme törekszik, hogy laboratóriumainak felszerelésében, könyvtárának gyarapításában a fejlődés legmagasabb fokát elérje és a tudományos munka végzéséhez szükséges anyagi eszközökkel biztosítsa: addig Franciaország főiskoláinak intézetei jóformán tétlenségre vannak kárhóztatva, mert a laboratóriumok felszerelése már elavultak, készülékei pedig kiselejtezni valók. Hivatalos úton és a „*Temps*” hasábjain sürgeti, hogy a közhatalom érélyesen vegyen részt egy pezsgőbb tudományos élet kifejlesztésében, mert a francia tudomány tekintélye folytonosan hanyatlik s megkísérli a kormányt azzal segíteni, hogy a sürgős pótlásra váró hiányokat összeírja.

Felszólalásai rendszerint eredményesek, mert tudják, hogy nem politikai, nem egyéni, hanem igazán nemzeti érdek kényszeríti az aggodalmas felszólalásokra. S mikor hatalma is volt intézkedni, minden lehető megtett, hogy főleg a felső oktatásügy terén alkotó tehetségének szem-

mel látható bizonyítékai maradjanak.

Meggyőződéssel állítom, hogy *Berthelot* magára vonatkoztatva önérettel idézhette a kínai Ming-dinásztia megalapítójának, 71 éves korában, kartársaihoz intézett következő nyilatkozatát: „Mindég közjóval foglalkozván, nem tehetek szemrehányást magamnak, hogy lusta vagy hanyag voltam. Nem fogok késni megfizetni a természetnek azt az adót, amellyel neki mindnyájan tartozunk s egyszersmind nyugodt vagyok, mert hitem szerint minden tőlem telhetőt elkövettem, hogy megközelítsem azt a tökéletességet, amelyet ember elérhet.“ *

És ha arra gondolok, hogy Franciaország határain belül és kívül általánosan elfogadott vélemény szerint, *Berthelot* mint tudós, bölcész, államférfi, hazafi és mint ember is követésre méltó mintája lehet a jó franciának, akkor be kell ismernem, hogy a francia kormány elnöke: *Raymond Poincaré*, róla irt ismertetésének találóbb címet nem adhatott, mint „Un grand citoyen: *Berthelot*.“

*M. Berthelot, Science et Moral IV, Édition. Préface I.

Marcelin Berthelot tudományos kutatásai.

ZEMPLÉN GÉZA r. tagtól.

(Előadta a Berthelot születésének századik évfordulója alkalmából rendezett emlékünnepeken, 1927 november 28-án.

Először is hálás köszönetemet fejezem ki a M. T. Akadémia Vezetőségének, amiért reám bízta azt a hálás feladatot, hogy *Marcelin Berthelot* tudományos kutatásairól képet adjak.

Mindenki elismeri, hogy *Berthelot* a vegyészek között az utolsó polyhistor volt, még pedig a szó szoros értelmében, amennyiben nemcsak a chemiát, hanem a történelmet, az ókori nyelveket, az archeológiát stb. képes volt úttörő módon művelni. Ha pedig a chemiát magát vesszük szemügyre, ott meg éppen polyhistor volt, mert a chemiának minden ágában eredetit és maradandót alkotott. Tudományos kutatásairól szóló beszámolóinak, értekezéseinek száma meghaladja az 1800-at. Érthető tehát hogy olyan méltatás keretében, mint amilyenre vállalkoztam, teljes lehetetlenség minden maradandó és értékesebb alkotásáról szólanom, miért is csakis azokkal a kutatóirányaival foglalkozom, amelyek a legnagyobb és termékenyítő hatással voltak a többi szakemberre és amelyek eltörölhetetlen nyomot hagynak mindig a chemia történetében. Körülbelül az időbeli sorrendnek is — amely szerint *Berthelot* e kutatásokat végezte — megfelelően, három csoportba fogom osztani működését.

1. Szintétikus munkák, melyeknek legnagyobb része a szerves chemiai szintézisekre vonatkozik.

2. Thermochemiai kutatások és kutatások a robbantószeretek tanulmányozására.

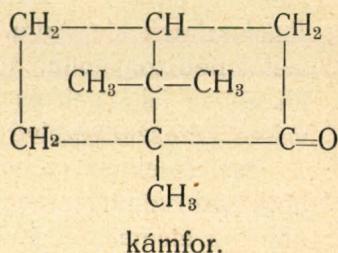
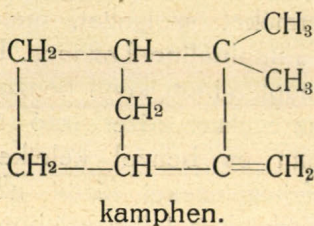
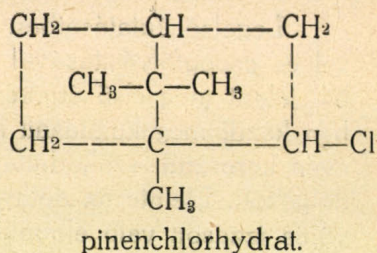
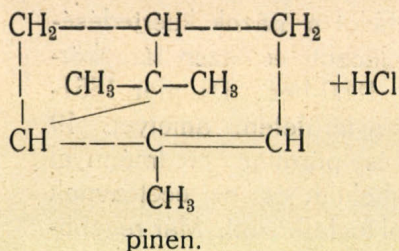
3. Mezőgazdasági kémiai tanulmányok.

1. Szintetikus munkák.

Legelső kutatásaiban Berthelot a gázok kiterjedésével és cseppfolyósításával foglalkozott és ezen tárgykörből jelent meg első értekezése 1850-ben. De már 1851-ben kezdi meg kutatásait azon a területen, amelyen 10 éven keresztül szakadatlanul és páratlan eredménnyel dolgozott. Eleinte az aethylalkoholnak és az ecetsavnak vörös ízzáson való elbontásával foglalkozott. Már régebből ismeretes tény volt az, hogy az alkohol magas hőmérsékleten egy kristályos terméket szolgáltat, melyről *Reichenbach* kimutatta, hogy a naphtalinnal azonos. Berthelot bebizonyította, hogy a naphtalinon kívül benzol és phenol is fellépnek és hogy az ecetsav gőzét ízzó csöveken keresztülvezetve naphtalin és benzol keletkezik. Az észlelésekhez mélyreható fejtegetéseket fűzött azzal, hogy valószínűleg ezek a vegyületek a teljes szétbomlás után az elemeiből épülnek újból fel. Ebben az értekezésben használja állandóan a szintézis szót is, melyet különben *Williamson* is már előtte alkalmazott.

1852-ben kezdi meg kutatásait a terpentinolajról, amelyek igen értékes eredményekhez vezettek, Régóta ismeretes tény volt az, hogy a terpentinolaj száraz sósavgázzal, egy chlorhydrátot szolgáltat. Észrevette, hogy az alkohol- vagy aetherben oldott terpentinolaj még egy molekula sósav megkötésére alkalmas és akkor egy dichlorhydrát keletkezik, amely a citromolajból keletkező dichlorhydráttal azonos. Nemsokára reájött a terpentinolajnak izomer átalakulására és az általa isotherebenthen néven leírt szénhydrogén felismerésére, majd pedig 1858-ban előállította a kamphent azáltal, hogy a terpenchlorhydrátot szappannal, vagy benzoesavas nátriummal melegítette. Ugyanakkor azt is észlelte, hogy a kamphen a levegő oxigénjének hatására és platinakorom jelenlétében egy

kámforhoz nagyon hasonló vegyületet eredményez. 1870-ben bebizonyította, hogy a kamphennek chromsavas oxidációja valóban a kámforhoz vezet és ezzel tulajdonképpen megvetette alapját a mai mesterséges kámforiparnak. Mai nyelven beszélve a klasszikus kutatás átalakulásait a következő szimbolumok fejezik ki :



A terpeninolajról szóló legelső értekezései után következnek nemsokára azok a glycerinről szóló vizsgálatai, melyek a természetes zsírok és olajok szintéziséhez vezettek és amelyek nevét egyszerre az egész világon ismertté tették. A glycerinnek savakkal létesített vegyületei közül vizsgálatainak megkezdése előtt a glycerinkénsav, glycerinphosphorsav, a butyirin és a nitroglycerin voltak ismeretesek.

Chevreuil kutatásai megmutatták, hogy a természetes zsírok és olajok elszappanosítása savakhoz és glicerinnekhez vezet. Az elszappanosítással ellentétes műveletet, a szintézist, azonban a butyirin esetétől eltekintve, amelyet *Pelouze* és *Gelis* még *Berthelot* előtt hajtott végre, ő előtte nem végezte senki. *Berthelot* bebizonyította, hogy a glycerinnek stearinsavval, palmitinsavval és olajsavval

való hevítése útján a természetes zsírok és olajokkal mindenben megegyező termékeket lehet szintézissel előállítani és hogy ezek a zsírok egy molekula glicerinnre három molekula savat tartalmaznak. Azt is kimutatta, hogy a hőmérséklet függvényeképpen a glicerinn csak egy vagy két molekula zsírsav felvételére is alkalmas és párhuzamba hozta e tekintetben a glicerint és aethylalkoholt a phosphorsavval illetve a salétromsavval. Ezeknek a vizsgálatoknak köszönhető annak a ténynek a felderítése, hogy a glicerinn egy háromvegyértékű alkohol. Ezzel egyszersmint a többvegyértékű alkoholnak a lehetőségét bizonyította be és nemsokára a mannitra, mint hatvegyértékű alkoholra terelődött a figyelme.

A glicerinnel való beható foglalkozás adta a kezébe a glicerinnből előállítható számos vegyületnek a kulcsát. Birtokába jutott háromféle chlorhydrinnak, az epichlorhydrinnak, a bromhydrinnak és az allyljodidnak. Addig allylvegyületek csak a természetből voltak ismertek, azok is nagyon hiányosan. Ilyen volt a fokhagymaolaj és a mustárolaj. Az allyljodid birtokában szintétikusan bebizonyíthatta, hogy a természetes mustárolaj tényleg egy allylvegyület és számos egyéb allylszármazék született meg rövid időn belül vagy magában a Berthelot-féle laboratóriumban, vagy annak hatása alatt máshol, így az allylalkohol is Cahours és Hoffmann kezében. Az allyljodid volt kiindulóanyaga valamennyi allyltartalmú vegyület szintézisének mindaddig, amíg Tollens és Henningernek az allylalkohol előállítására szolgáló nagyszerű eljárása — a glicerinn oxálsavval való hevítése — ismeretessé nem váltott. Az allyljodid előállítása tette Berthelotnak lehetővé, hogy a propylent, mellyel igen sokat foglalkozott és amelynek előállítása előbb nagyon körülményes volt, tetszés szerinti mértékben laboratóriumban használhassa.

Az ötvenes évek egész ideje alatt foglalkozott Berthelot behatóan a cukornemű vegyületekkel. Ő bizonyította be, hogy a cukornádnak és a cukros juharnak nedvében, továbbá a szentjánoskenyérben ugyanaz a cukor, a nádcukor, foglaltatik, megvizsgálta az összes növényi

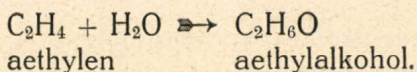
izzadmányokat, melyek abban az időben ismeretesek voltak és így fedezett fel a különféle mannákban három új cukrot, a trehalamannában a trehalóz nevű nem redukáló diszaccharidot, a vörösfenyő mannájában a melecitózt és az ausztráliai eukalyptusmannában a melitózt, mely később a raffinóz nevet nyerte.

Tanulmányozván az alkoholnak savakkal való észterképződését, ennek nyomán alkoholos hydroxylt tudott kimutatni a borneolban, a cholesterinben és a meconinban.

Körülbelül ugyanebbe az időtájba esnek azok a kutatások, amelyek az aethylalkohol szintézisével foglalkoznak, még pedig az aethylenből kiindulólág. Már *Faraday* észlelte, hogy az aethylent a kénsav elnyeli és egy savvá változtatja. *Hennel* bebizonyította, hogy ez a sav azonos az aethylkénsavval és hogy belőle újból alkohol keletkezik. Már 1828-ban ezt az észlelést világosan ki is fejtette. *Liebig*, aki a kísérleteket megismételte, azt tételezte fel, hogy *Faraday* aethylenje aether vagy alkoholszennyezést tartalmazott, dacára annak, hogy erre a feltevésre komoly ok nem szolgált, mivel *Faraday* olajgázból készített aethylennel dolgozott. Tény az, hogy a *Hennel*-féle kísérleteket vagy elhallgatták, vagy pedig nem tekintették kifogástalanoknak. Éppen ezért igen nagy jelentőségű volt e kérdésnek végleges tisztázása. *Berthelot* 1855-ben hajtotta végre a legnagyobb körültekintéssel a *Faraday*—*Hennel*-féle kísérleteket és beigazolta teljesen azoknak helyes voltát. Felismerte egyszersmint, hogy itt egy általános módszerről van szó és mindjárt alkalmazta is azt a propylen esetére, ahol kénsav és utólagos elbontásnál szintén egy alkoholt nyert, amelyről azt hitte, hogy a propylalkohol, dacára annak, hogy a terméke 15° -al alacsonyabban forrt. Később derült csak ki, hogy ez az általa nyert anyag a *Friedel*-féle izopropylalkohol. Foglalkozván az aethylen és homológjainak alkoholokká való átalakításával, reájött arra, hogy a halogénhydrogénsavak is kombinálhatók a telítetlen szénhydrogénekkel olyan származékokká, melyek alkoholokká átvihetők. Így sikerült a megfelelő telített chloridok, bromidok és jodidok

utján ezeknek vízzel való elbontása, vagy pedig az ecetsav, vagy benzoesavészterekké való átváltoztatása után a megfelelő alkoholokhoz eljutni.

Az aethylennek alkoholokká való átváltoztatása vezette reá *Berthelot*-t a hangyasavnak szintézisére, amelynek végrehajtása a legszebb tudományos eredményei közé tartozik. Abból a gondolatmenetből indult ki, hogy tulajdonképpen ahhoz, hogy az aethylenből aethylalkohol legyen, egy molekula vizet kell a rendszernek felvennie:



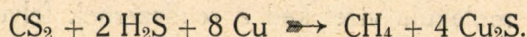
Amidőn azt kereste, hogy formailag miféle más vegyületre volna alkalmazható a víznek a bevitele, látta, hogy a szénmonoxyd és a hangyasav vannak olyan viszonyban egymással, mint az aethylen és az aethylalkohol:



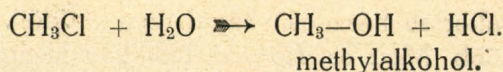
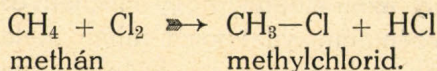
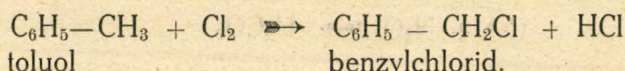
Kereste tehát az utakat, amelyek a szénmonoxydból a hangyasavhoz vezetnek. Reá is jött egy képződésmódra 1856-ban, mely azon alapult, hogy megnedvesített káliumhydroxydot szénmonoxydatmoszférában melegített hosszabb ideig s így hangyasavas káliumot nyert. A módszernek gyakorlati hasznosításával nem törődött. Ezt csak sokkal később *Merz* és *Tibiricá* 1880-ban kísérelték meg és végül 1894-ben sikerült *M. Goldschmidt*-nak az eredeti *Berthelot*-féle reakciót annyira tökéletesítenie, hogy az a mai hangyasavipar előállításának alapjául szolgálhasson. A hangyasav előállításmódjaival foglalkozván ő jött reá a hangyasavnak oxálsavból való készítésére is glycerin-nel való melegítés után s ezáltal olyan módszer birtokába jutott, amely szerint a hangyasavat laboratóriumban ma is a legkényelmesebben nyerik.

A hangyasavval végzett tanulmányok tették figyelmessé a szénhydrogénekre. Észrevette, hogy a hangyasavas báriumnak száraz desztillációja alkalmával methán, aethylen és propylen keletkeznek. Utóbbi két termék bromidjainak jódkáliummal és vízzel való melegítése alkal-

mával aethan és propan keletkezett. Hasonló módon igyekezett az ecetsavas sók bomlása közben keletkező termékeket is tanulmányozni és ezek között methant, aethylent, propylent és butylent talált. A szénhydrogének egyszerű tagjaival foglalkozván a methannak is egy elmés szintézisére bukkant 1856-ban, amely széndiszulfidnak és kénhydrogénnek szin rézzel való kénmentesítésén alapszik az izzás hőmérsékleténél:



A methánt azután a methylchloridon keresztül a legegyszerűbb alkohollá, a methylalkohollá változtatta át, alkalmazván azt a módszert, amely *Cannizzarot* a toluolból a benzylchloridon keresztül a benzylalkoholhoz vezette s amely a toluolnak chlorozásán és benzylchloridnak vízzel való elbontásán alapszik:



A cukrokkal való beható foglalkozása közben el nem kerülhette egy olyan gondolkodó főnek, mint amilyen *Berthelot* volt, a figyelmét az alkoholos erjedés. Behatóan tanulmányozta annak lefolyását és itt is maradandó értékű felfedezést tett. *Pasteur* is megfigyelte, hogy az erjedés folyamán a nádcukorból invertcukor lesz, de ő ezt lényegtelen jelenségnek tartotta és azt hitte, hogy a jelenlévő, vagy pedig keletkező savak, mint pl. a borostyánkősav hatására megy végbe. *Berthelot*-nak 1860-ban sikerült bebizonyítani, hogy az invertcukor keletkezését az erjedés folyamán egy az élesztősejtből kioldható és elkülöníthető, általa „ferment glucosique“-nak nevezett anyag

végzi. A bizonyítékot azzal hozta meg, hogy élesztőt eldörzsölt vízzel, az oldatot megsűrte és abból alkohollal kicsapott egy anyagot, amely a nádcukrot invertcukorra tudta változtatni. Ez az anyag kapta később *Donath* javaslatára az invertin elnevezést. Értekezéseiben *Berthelot* részletesen kifejtette, hogy az alkoholos erjedést magát is valószínűleg egy az invertinhez természetében közelálló, az élesztősejtből elkülöníthető, de vízben oldhatatlan fermentum okozza. És igaza volt, mert *Buchner* 37 évvel később az élesztőnek quarchomokkal szétroncsolt sejtjeiből valóban tudott elkülöníteni olyan folyadékot, amely élő élesztősejteket már nem tartalmaz, de a cukortartalmu oldatok alkoholos erjedését kiváltani képes.

A vázolt áttekintésből is látható, hogy *Berthelot*-nak az első 10 kutató évében az volt a főcélja, hogy egy nagyobb kísérleti adathalmazhoz jusson, amely alapul szolgálhasson általánosabb érvényű összefüggések megkeresésére. Ezt bizonyítja a „*Chimie organique fondée sur la synthèse*” című műve, amely kizárólag saját kutatásait véve alapul, igyekszik felépíteni a szerves chemia templomát, mentesen mindenki mástól származó elmélettől vagy feltevéstől. E műből nyilvánvaló az a törekvés, amely általánosabb törvényszerűségeket keres és amely megszabja és megmagyarázza a következő időszakban végzendő kutatások tárgyát.

Miután az alkoholok különféle keletkezési módjára reájött és miután tapasztalta, hogy az alkoholok a savakkal észterekké alakulnak, mely észterek újból alkoholra és savra bomolhatnak, részletesebben tudni kívánta a a reakció lefolyásának módját. Ezért fogott hozzá *Péan de Saint-Gilles* barátjával szövetkezve ahhoz a nagyszabásu munkához, amelynek címe „*Recherches sur les affinités: de la formation et de la décomposition des éthers*” és melyhez a kísérleti vizsgálatokat 1860 és 1863 között végezte. Alkoholoknak és savaknak különböző keverékeit, továbbá kész észtereknek vízzel való keverékeit beforrasztott csövekben szobahőmérsékleten, vízfürdőben és az általa szerkesztett olajfürdőben hagyta reagáltatni. Az észterre nem alakult, vagy pedig az észterből víz ha-

tására szabaddá váló savat báriumhydroxyddal való titrálás után határozta meg. Egy sav és egy alkoholnak kölcsönhatásaképpen lejátszódó reakcióra nézve a következő alapvető tapasztalatokat gyűjtötte: 1. hogy az észter képződése fokozatos, 2. hogy a keletkező észter mennyisége egy határértékhez közeledik, ugyanez történik az észternek víz hatására való bomlása alkalmával. Ha a savból ill. alkoholból egyenlő értékű mennyiségek hatnak egymásra, vagy ha a kész észterre egy molekulányi víz hat, akkor a határérték mindkét esetben ott van, amikor a keletkezett vagy elbomlott észter mennyisége a 66,5 %-ot elérte. Azt találta, hogy az észterképződés mértékét a hőmérséklet befolyásolja, amennyiben pl. 200^o-on 22 óra alatt éri el a keletkező észter a határértéket, míg pl. közönséges hőfokon ehhez kb. 16 év kell. A sav és alkohol minősége a határértéket nem lényegesen befolyásolja.

Ezen kutatások révén kialakult a korlátozott reakciók (réactions limitées), továbbá a megfordítható folyamat fogalma és ő volt az első, aki rendszeres reakciósebességi méréseket végzett. A nyert kísérleti adatokat matematikai alakban is igyekezett regisztrálni és eljutott arra az eredményre, hogy a reakció folyamán minden adott időben a keletkező észtermennyiség arányos a reakcióba nem lépett termékek tömegeinek szorzatával és fordítva arányos az elfoglalt térfogattal.

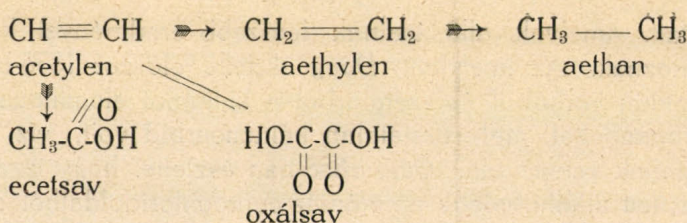
Guldberg és Waage, akik a chemiai affinitás alapköveit lerakták, maguk kiemelik, hogy *Berthelot* kutatásain elindulva választották ők is az észterképződés tanulmányozását a keresett összefüggések megtalálására. Az észterképződés tanulmányozásánál nyert tapasztalatait igyekezett a borban, pálinkában és ecetben keletkező észterekre is kiterjeszteni. Innen magyarázható, hogy részletesen foglalkozott 1863-tól 1865-ig a bor keletkezésével és összetételével. Ő volt az első, aki a borban levő észterek mennyiségi meghatározásával foglalkozott és többek között tőle származnak a borkő és borkősav meghatározását célzó vizsgálatok, melyek a ma is használatos módszereknek alapjául szolgáltak.

Nemsokára megkezdí az acetylenről szóló vizsgá-

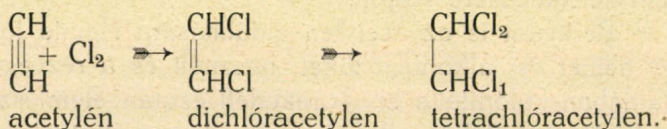
latait, amelyek alkotásainak legszebb eredményei közé tartoznak. Az acetylent *Davy* észlelte először 1836-ban, amidőn borkőből és szénporból a káliumot előállította és a maradékot, mely tisztátalan káliumcarbíd volt, víz hatásának vetette alá. *Quet* 1858-ban észlelte, hogy izzásra hevített alkoholgőzök ammóniás cuprochloridoldatból cseresznyevörös csapadékot választanak le, *Böttcher* pedig 1859-ben ugyanezt tapasztalta a világítógázzal. Azonban egyikök sem ismerte fel, hogy tulajdonképpen anyaguk, mely a rézvegyületet szolgáltatta, a *Davy*-féle acetylénnel azonos. *Berthelot* maga is hosszabb ideig foglalkozott az acetylen előállításmódjaival, anélkül, hogy reájött volna, hogy az a *Davy*-féle gázzal azonos. Erre *Wöhler* mutatott rá 1862-ben, aki az acetylennek calciumcarbíd-ból való keletkezésére reájött.

Berthelot is az acetylen előállítására eleinte túlhevített aether és alkoholgőzöket használt és a rézvegyület alakjában különítette el. Törekedett ezután elemi szénből és hidrogénből közvetlenül a vegyülethez eljutni és ebből a célból a legkülönfélébb hőforrásokat vette igénybe. Vörös, majd fehér izzást próbált ki, végül egy óriási lencsét, amellyel a nap sugarait irányította a reakcióelegyre, de eredmény nélkül. Végül sikerült a két elemet reakcióra bírnia az elektromos ívfény hőfokánál. Hogy ezt elérhesse, 50 Bunsen-elemnek egyesített áramát használta fel, ívfényt létesített két szénelektrod között, amely egy üveg-gömbbe volt elhelyezve s melyen keresztül hidrogén áram haladt végig. Ezenfelül reájött az acetylennek számos egyéb képződésmódjára. Előállította azt chloroformnak izzó rézcsöveken való átvezetésével, elektromos szikrákat átvittetve methángázon, aethylenen és cyangáz + hidrogén elegyen, továbbá szerves vegyületek tökéletlen elégetésével.

Redukálva az acetylent eljutott az aethylenhez és az aethanhoz, az acetylen oxydációja pedig elvezette őt az ecetsavhoz és az oxálsavhoz.

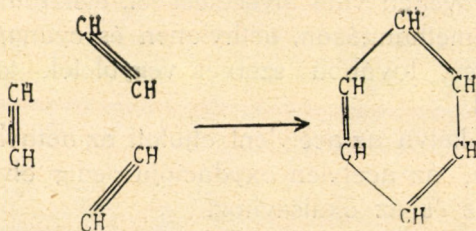


Már *Davy* is tapasztalta, hogy az acetylen-chlorgáz elegyek könnyen robbannak, ennek következtében az acetylennek chlorral való vegyületeihez közvetlenül hozzájutni nem lehetett. Ebben a tekintetben is *Berthelot* volt az, aki megmutatta, hogy antimonpentachlorid jelenlétében veszélytelenül megy végbe az acetylennek chlorral való reakciója és a dichlór ill. tetrachlóracetylen keletkezik:

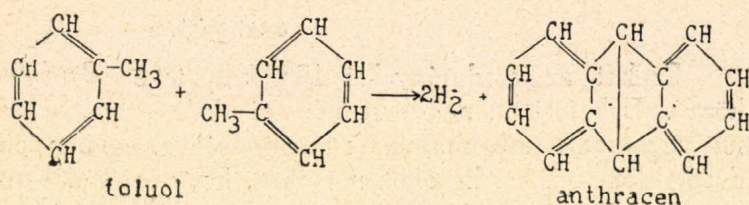
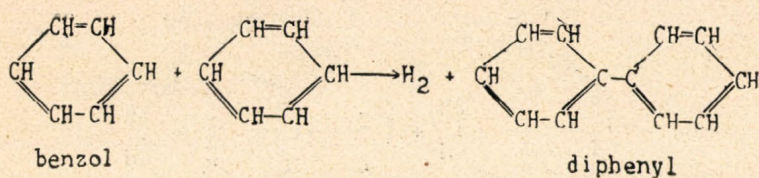


Manapság az acetylennek ez a chlórozása nagy szerepet játszik a chlórtartalmu oldószerek előállításánál és az iparban az antimonpentachloridnál még mai napig sem találtak ebben az esetben alkalmasabb chlórátvivőt.

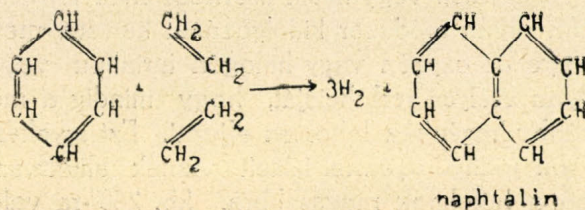
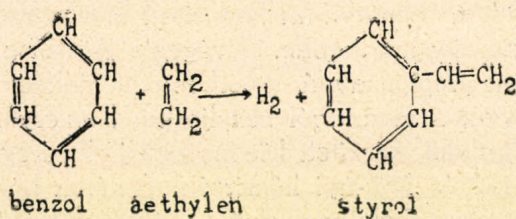
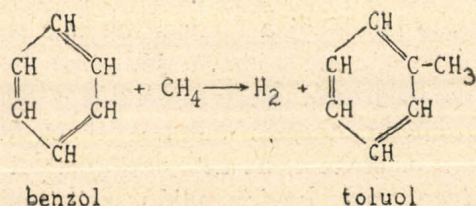
Az acetylennek tüzetes tanulmányozása vezette reá *Berthelot*-t arra, hogy az acetylen egyszerűen hő hatására alkalmas arra, hogy nagyobb molekulahalmazokká tömörüljön. 1866-ban észlelte, hogy az acetylennek hevítése alkalmával benzol keletkezik, ami úgy történik, hogy három molekula acetylenből polymerizáció útján benzol lesz:

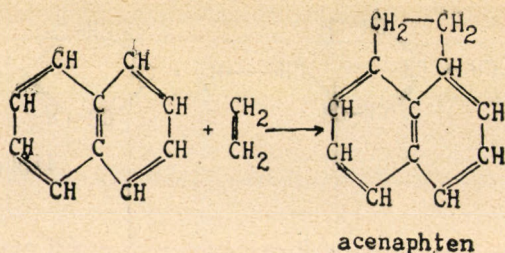


A benzolból kiindulólág szintén tisztán pyrogén uton eljutott a diphenylhez, a toluolból pedig az anthracenhez.



Egész hasonló uton jutott el a benzol és metan hevítése után a benzol homológjaihoz, benzol és aethylenből a styrolhoz és naphtalinhoz, naphtalin és aethylenből pedig az acenaphtenhez.





Ezeket az eredményeket 1866-ban tette *Berthelot* közzé. E kutatások nagyban hozzájárultak a gázgyártásnál végbemenő folyamatoknak megértéséhez, egyben pedig termékenyítőleg hatottak másokra, hogy szintén pyrogén reakciók tanulmányozása révén hasonló szintéziseket eszközöljenek.

A kísérleti alapon nyert eredményeket rendszeresen feldolgozta és az 1872-ben kiadott könyvében alapul választotta az összes addig ismert szerves vegyületcsoportoknak egymással való összefüggésének magyarázatára.

Legutolsó kutatásai a szerves chemia terén, melyeket 1867-től 1869-ig tett közzé, a jódhydrogénnel való redukciókra vonatkoznak és szerzőjük a módszert „Méthode universelle d'hydrogenation“-nak nevezte el. Már 1855-ben mint azt fent említettem, az aethylenbromidot jódkáliummal és vízzel való hevítés útján aethánná alakította. Most a jódhydrogénes redukciókra tért át, amelyeket azonban 1860-ban *Lautemann* honosított meg a szerves chemiai präparativ munkában. Ő végezte először a tejsavnak redukcióját propionsavvá, a borkősavat átalakította borostyánkősavvá, a mannitból hexyljodidot, az erythrytből pedig butyljodidot készített közönséges jódhydrogént alkalmazván 120 és 130°-nyi hőmérséklet határok között. Ezek a közbeesőtermékek, melyeket *Lautemann* nyert, döntőek voltak az említett vegyületek szerkezetének felderítésénél. *Berthelot* olyan módszer kidolgozását kereste, mely lehetővé tegye az oxygen vagy halogén tartalmu vegyületeknek olyan erélyes redukcióját, hogy mindig a megfelelő alapszénhydrogénhez lehessen eljutni. Ezt igyekezett elérni 0°-on jódhydrogénnel telített víznek alkalmazásával, továbbá a hőfoknak magasabbra, kb. 280°-ra való eme-

lésével. Megmutatta, hogy ez a módszer valóban alkalmas aliphás vegyületeknek az alapszénhydrogénné való átalakítására. Így nyert alkoholból, aldehydből és ecetsavból aethánt, glycerinből és acetonból propánt és vajsavból meg borostyánkősavból butánt, methylaminból methant, aethylaminból és dicyanból pedig aethant. Az aromás sorban is végzett redukciókat, ahol azonban az eredmények nem voltak elég világosak. Igaz ugyan, hogy nézete szerint a benzolból és a phenolból a redukció alkalmaival szintén hexan keletkezett, de későbbi kutatók reájöttek, hogy itt nem a hexan, hanem a cyklohexan és annak átalakulásterméke, a methylcyklopentán keletkezett. Ha ebben az esetben helytelenül is észlelt *Berthelot*, nagy érdeme volt annak a felismerésében, hogy az aromás szénhydrogének hydrogénnel redukálhatók és ez az észlelése termékenyítőleg hatott a naphtalin, az anthracen és az acenaphten részben, vagy teljesen hydrált termékeinek más kutatók által való előállításánál.

2. Thermochemiai kutatások és kutatások a robbantószerek tanulmányozásáig.

A szerves vegyületekkel való foglalkozás, a vegyületek képződéskörülményeinek részletes vizsgálata vezette reá *Berthelot*-t a thermochemiai vizsgálatokra, amelyeket rendszeresen 1869-ben kezdett meg. A lökést a kutatásokra az a klasszikus reakció adta meg, amelynek segítségével a hangyasav szintézisét hajtotta végre szénmonoxydból és vízből ill. káliumhydroxydból kiindulólág. Figyelmét az ragadta meg, hogy ez a szintézis, egyszerű volta dacára, milyen lassú lefolyású. A felszabaduló és eltűnő hőmennyiségeknek pontos könyvelését végezve reájött, hogy a hangyasav elégeésekor keletkező melegmennyiség nagyobb, mint annak a szénmonoxydnak elégeésekor keletkező melegmennyiség, amelyből keletkezik. Eből arra következtetett, hogy a hangyasav szintézisekor meleget vesz fel a környezetéből, vagyis a hangyasav keletkezése endothermikus folyamat, ellentétben a legtöbb

exothermikus folyamattal, amely melegnek felszabadulásával jár. Ekkor érlelődött meg benne az a gondolat, hogy a kémiai affinitásnál kell, hogy mérhető és számszerűen kifejezhető legyenek a felszabaduló vagy eltűnt melegmennyiségek és hogy nagy sorozat vegyületre nézve megállapítva ezeket a melegmennyiségeket, kell, hogy általános törvényszerűségek megállapításához jusson. Amikor ezeknek a thermochemiai adatoknak meghatározását lehetőleg szabatosan igyekezett megállapítani, be kellett látnia, hogy az addig rendelkezésére álló módszerek és eszközök e kényes feladatok megoldására nem alkalmasak és akkor kezdett foglalkozni egy új rendszerű calorimeter szerkesztésével, mely aztán a közismert és még ma is csaknem ugyanolyan formában megmaradt *Berthelot-féle bombában* való elégetéshez vezetett, amely műszernek segítségével a thermochemiai adatok hatalmas légióját gyűjtötte össze, hogy azokból általános következtetéseket vonjon le. Ezeket a következtetéseket három tételben foglalta össze :

1. *A molekuláris munka elve*, amelynek értelmében egy rendszerből felszabaduló melegmennyiség mértéke a reakció folyamán végzett kémiai és fizikai munka összegének.

2. *A kezdet és végállapot elve*, amely következőképpen fejezhető ki. Ha valamely egyszerű, vagy összetett anyagrendszer, melynek állapotát meg tudjuk határozni, fizikai, vagy kémiai változásnak van alávetve, melynek folyamatoképpen a rendszer egy új állapotba jut, anélkül, hogy külső mechanikai hatást észleltünk volna, tehát külső munka nélkül, akkor a változás folytán felszabadult, vagy elnyelt melegmennyiségek kizárólag a kezdet és végállapottól függenek, tekintet nélkül a közbeeső állapotok természetére és sorrendjére.

3. *A maximális munka elve*. Valamennyi, önként, idegen energia hozzájárulása nélkül, állandó hőfokon lefolyó kémiai folyamat igyekszik létrehozni azt az anyagot, vagy azt az anyagrendszert, mely a legnagyobb melegmennyiség felszabadulásával jár.

Ez a harmadik tétel egyszerű, hangzatos és mivel

olyan hatalmas egyéniség, mint Berthelot *propagálta*, el-
 inte mindenki gondolkodás nélkül elfogadta. De később
 kiváló gondolkodóknak — mint amilyen *Clausius*, *Horst-*
mann, *Van't Hoff*, *W. Gibbs*, *Helmholtz* volt — egybe-
 hangzó véleménye alapján reájöttek, hogy nem felel meg
 a valóságnak és éppen ezért nem is lehet alkalmas a
 kémiai affinitás problémáinak a megoldására. Kiderült,
 hogy a maximális munka elve csak az abszolút nullpont
 közelében érvényes, máskülönben azonban nagy tévedé-
 sekre adhat alkalmat.

A thermochemiával való foglalkozás, továbbá az
 1870—71-es német-francia háború vezette *Berthelot*-t az
 alkalmazott kémianak egy nagyon fontos ágához, a rob-
 bantószerekhez. Mint mindenben, amihez hozzáfogott, itt
 is, eredeti és bátor kísérletezési képessége úttörőt és ma-
 radandót alkotott. Tőle származik a másodpercenkénti ki-
 lométerekben kifejezett sebesség fogalma, amellyel a rob-
 banás gázokban, folyadékokban, vagy szilárd anyagok-
 ban tovaterjed, thermochemiai és gazometriás módszerei
 pedig megadták a robbanás közben felszabaduló meleg-
 és energiamentiségeket. Vitán kívül áll, hogy *Berthelot*
 volt az első, aki ezt az egész területet tudományos ala-
 pokra fektette.

Berthelot vezette be a kutatások módszerei közé a
 molekuláris refrakció fogalmát, mely azután *Landolt* és
Brühl vizsgálatai során oly nagy jelentőségre tett szert,
 továbbá ő vizsgálta először az anyagoknak többféle oldó-
 szerben egyidejűleg való megoszlását.

3. Agrikulturchémiai kutatások.

A szerves kémiai szintézisek elvezették *Berthelot*-t
 a nitrogéntartalmu szerves vegyületek keletkezési lehetősé-
 géihez és igyekezett felkutatni, hogy mily módon törté-
 nik a növények részéről a levegőben lévő szabad nitro-
 génnek a felvétele. E kérdéstről igen sok, de egymással
 homlokegyenest ellenkező eredményt szolgáltató vizsgálat
 állt rendelkezésre. 1876-ban észlelte *Berthelot*, hogy elek-

tromos mezőkben közönséges hőmérsékleten is a levegő szabad nitrogénjét a humusztartalmu anyagok megkötni képesek. Amikor 1883-ban a College de France-hoz kapcsolt meudoni kísérleti állomást berendezték és rendelkezésre bocsátották, ezeket a régi kísérleteket szabatosabb berendezéssel és eszközökkel újból megismételte és azoknak helyességét újból megállapította. Az elektromosság hatásán felül azonban reájött egy másik módjára a szabad nitrogén hasznosításának, amely mikroszkópikus élőlények hatására a talajban megy végbe. Ez a megfigyelés előjátéka volt a később *Hellriegel* végezte kísérleteknek, melyek a gyökérgumókban élősködő és a szabad nitrogént asszimiláló baktériumok felfedezéséhez vezettek.

*

E rövid ismertetés megrajzolja *Berthelot* nagyszabású tudományos alakját. Nem volna azonban a jellemzés elfogulatlan, ha elhallgatnánk néhány olyan tényt, amely *Berthelot* értékéből ugyan nem von le semmit, de amit a tárgyilagosság kedvéért meg kell jegyezniem.

Berthelot mindent, amit elért, saját egyéniségének a belsejéből merítette, másoknak a kutatására nem sokat adott. Ebből megmagyarázható, hogy nem lévén a többi kutatókkal semmiféle vonatkozásban, ő maga is, még jobban a francia utókor, azt a látszatot igyekezett keltetni, mintha mindaz, amit *Berthelot* különösen a szerves chemia terén végzett, egyedülálló és felülmulhatatlan lett volna. Már maga az a tény, hogy *Berthelot* vallotta magát és vallatta magát a többi francia által az első szerves szintézisek végrehajtójának, nem felel meg a valóságnak, mert *Wöhler*, *Pelouse*, *Scheele*, *Kolbe*, *Strecker* stb. igen jelentős szintézisekkel előzték meg *Berthelot*-t. Továbbá, míg *Berthelot*, amint láttuk, úgyszólván kizárólag a hő hatásával nyert új vegyületeket és más módszert nem igen használt, addig a szerves chemia többi nagymesterei, *Liebig*, *Bayer*, *Fischer* stb. tovább jutottak új módszerek kidolgozásában, mint a vegyületek szerkezetének felderítésében.

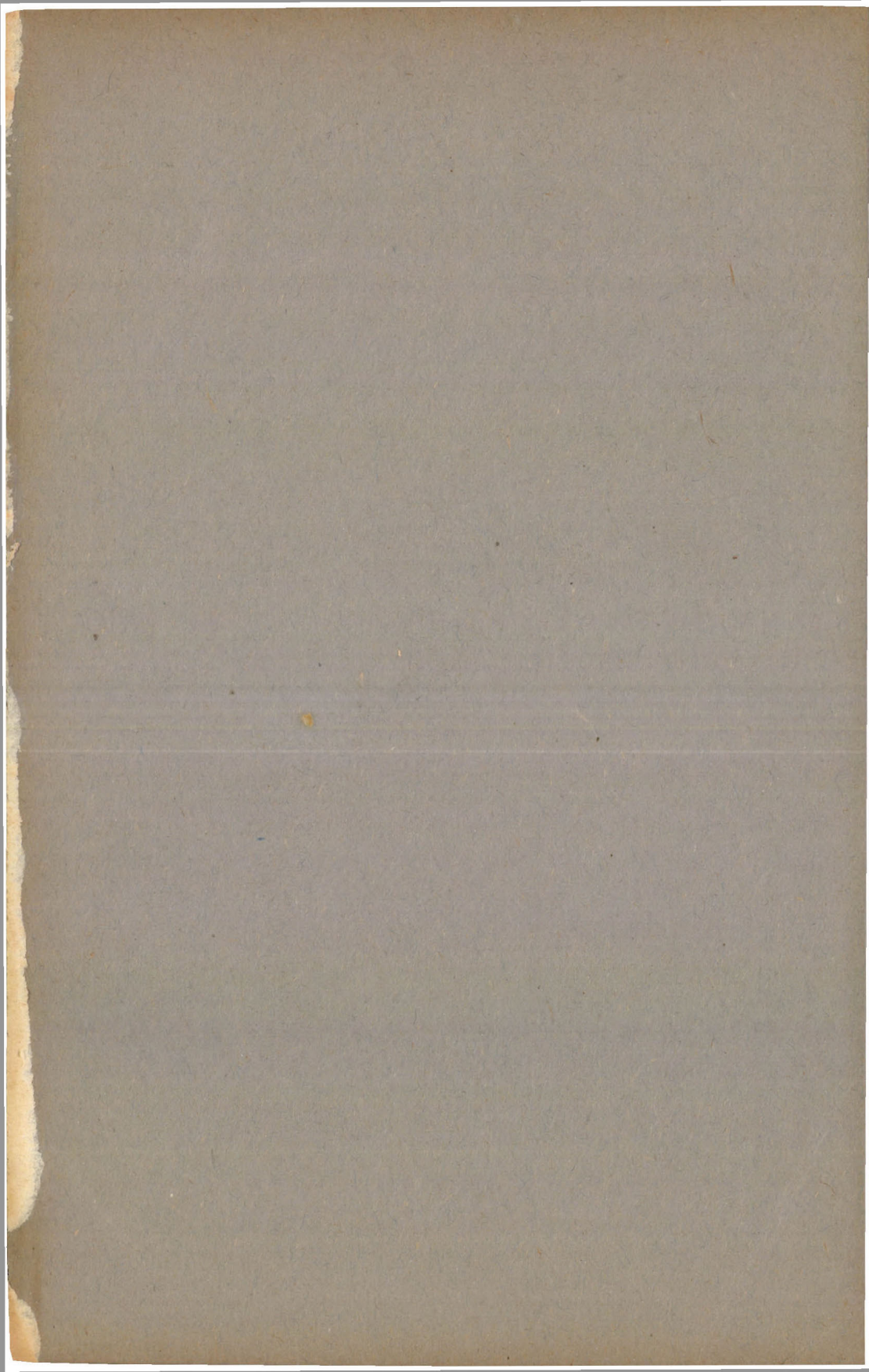
Azt sem hallgathatom el, hogy *Berthelot* annyira csak saját kutatásait ismerte el döntőknek és annyira

egyéni felfogásu volt, hogy tudomásul sem akarta venni az atómokig menő szerkezeteket, nem akarta elfogadni *Van't Hoff* sztereochemiai magyarázatait, egyáltalában semmit sem, amit nem ő alkotott és nem ő javasolt. Nagy elméknél gyakran észlelhető ez az egocentrikus gondolkodás, amely azonban csakis olyan kaliberűeknél bocsájtható meg, mint amilyen *Berthelot* volt.

*

Mindent összevetve, *Berthelot* kiérdemelte chemiai kutatásainak eredményeképpen az egész művelt világ háláját.

A mi hálánk annál nagyobb, mert a magyar vegyészek szeretett nestorát, *Ilosvay Lajost*, ő vezette be annak idején a chemia rejtelmeibe.



KERTÉSZ JÓZSEF
KÖNYVNYOMDÁJA
KARCAG. TELEF.: 26.
